



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 199 25 742 A 1

51 Int. Cl. 7:  
H 03 B 5/14  
H 03 L 7/099  
// H 03 K 3/02, G 06 F  
1/04

21 Aktenzeichen: 199 25 742.6  
22 Anmeldetag: 5. 6. 1999  
43 Offenlegungstag: 7. 12. 2000

71 Anmelder:  
Institut für Halbleiterphysik GmbH Frankfurt (Oder),  
15230 Frankfurt, DE  
  
74 Vertreter:  
Heitsch, W., Pat.-Anw., 14778 Jeserig

72 Erfinder:  
Herzel, Frank, Dr., 15230 Frankfurt, DE

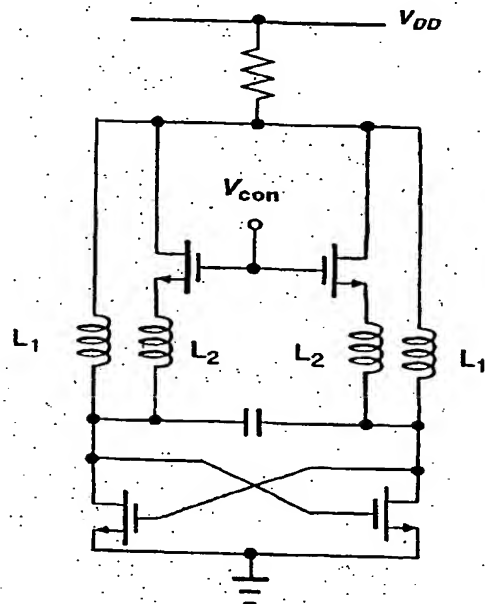
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 195 46 928 A1  
DE 43 31 499 A1  
DD 2 90 525 A5  
US 58 72 489 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Oszillator mit veränderbarer Induktivität

57 Die Erfindung betrifft einen Oszillator mit veränderbarer Induktivität, insbesondere zur Realisierung integrierter spannungsgesteuerter Oszillatoren für den unteren GHz-Bereich. Bei einem Oszillator mit einem LC-Schwingkreis mit mindestens einer Induktivität ist über eine mit der Oszillatorfrequenz betätigte Schaltvorrichtung eine weitere Induktivität periodisch parallel schaltbar, wobei ein Steuereingang der Schaltvorrichtung an eine veränderbare Gleichspannung angeschlossen ist. Entsprechend dem Verhältnis der Dauer des leitenden Zustandes und der Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtung innerhalb einer Schwingungsperiode ist die zeitgemittelte, wirksame Induktivität veränderbar. Der Oszillator ist in Frequenzsynthesizern für Breitbandssysteme sowie für Hochgeschwindigkeitsschaltungen einsetzbar.



DE 199 25 742 A 1

Best Available Copy

Die Erfindung betrifft einen Oszillator mit veränderbarer Induktivität, insbesondere zur Realisierung integrierter spannungsgesteuerter Oszillatoren für den unteren GHz-Bereich. In integrierten Schaltungen werden spannungsgesteuerte Oszillatoren meist in Form von Ringoszillatoren oder LC-Oszillatoren verwendet. Ringoszillatoren zeichnen sich durch eine hohe Frequenzdurchstimmbarkeit aus. Dieser Vorteil wird jedoch durch ein starkes Phasenrauschen und ein starkes Phasenjitter beeinträchtigt. Bei LC-Oszillatoren wird die Frequenzdurchstimmbarkeit vorwiegend mit Hilfe variabler Kapazitäten, beispielsweise Kapazitätsdioden, herbeigeführt. Diese Oszillatoren weisen zwar ein geringeres Phasenrauschen und ein geringeres Phasenjitter auf, jedoch ist die Frequenzdurchstimmbarkeit meist erheblich eingeschränkt.

In der JP 093 215 38 A wird eine spannungsgesteuerte LC-Oszillatorschaltung beschrieben, bei der mit Hilfe eines Schalttransistors ein Teil der Induktivität für bestimmte Zeitabschnitte kurzgeschlossen wird, wodurch sich die induktive Komponente zeitweise derart verringert, daß ein wechselweiser Betrieb des Oszillators in zwei Frequenzbändern möglich ist.

Abgesehen von dem Schaltvorgang, der wesentlich langsamer als die Periodendauer in dem angestrebten Frequenzbereich ist, gestattet eine derartige Lösung nicht das kontinuierliche Durchstimmen der Frequenz in einem weiten Frequenzbereich.

Ein ähnliches Prinzip wird auch in: A. Kral et al "RF-CMOS-Oscillators with Switched Tuning," Custom Integrated Circuits Conference (CICC'98), pp. 555-558 beschrieben. Bei einem vollintegrierten CMOS-Oszillator für einen Frequenzbereich zwischen 1 und 2 GHz wird ein Durchstimmbereich von etwa 26% durch das Schalten zwischen mehreren diskreten Induktivitätswerten erzielt.

Neben dem Einsatz von Schaltelementen, die das Phasenrauschen und das Phasenjitter negativ beeinflussen, tritt bei dieser Lösung der Nachteil zu Tage, daß trotz einer hohen Komplexität der Schaltung nur ein relativ begrenzter Durchstimmbereich der Frequenz erzielt werden konnte. Zudem kann durch das Schalten diskreter Induktivitätswerte nur ein quasikontinuierliches Durchstimmen der Frequenz erzeugt werden, welches durch kapazitives Durchstimmen ergänzt werden muß.

Es ist somit Aufgabe der Erfindung, einen Oszillator mit einer veränderbaren Induktivität vorzuschlagen, mit dem die Nachteile des Standes der Technik beseitigt werden und mit dem insbesondere bei geringem Phasenrauschen und Phasenjitter eine kontinuierliche Frequenzdurchstimmbarkeit in einem weiten Bereich erzielbar ist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß bei einem Oszillator mit einem LC-Schwingkreis mit mindestens einer Induktivität über eine mit der Oszillatorfrequenz betätigte Schaltvorrichtung eine weitere Induktivität periodisch parallel schaltbar ist und daß ein Steuereingang der Schaltvorrichtung an eine veränderbare Gleichspannung angeschlossen ist. Vorteilhafterweise ist mehreren Induktivitäten über je eine steuerbare Schaltvorrichtung eine weitere Induktivität periodisch parallel schaltbar. Die steuerbaren Schaltvorrichtungen weisen periodisch einen leitenden und anschließend einen nichtleitenden Zustand auf. Sie sind durch eine veränderbare Steuerspannung steuerbar. Dabei ist das Verhältnis der Dauer des leitenden Zustandes und der Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen innerhalb einer Schwingungsperiode des Oszillators in Abhängigkeit von dem Wert der Steuerspannung veränderbar. Entsprechend dem Verhältnis der Dauer des leitenden Zu-

standes und der Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen innerhalb einer Schwingungsperiode des Oszillators ist die zeitgemittelte, wirksame Induktivität in Abhängigkeit von dem Wert der Steuerspannung veränderbar. Die steuerbaren Schaltvorrichtungen sind vorteilhafterweise Schalttransistoren und insbesondere MOSFET, deren Gate-Anschlüsse an den Eingang der Steuerspannung und deren Source-Anschlüsse an die Oszillatorfrequenz führende Teile der Schaltungsanordnung geschaltet sind. Vorteilhafterweise ist der Oszillator in einer CMOS- oder bipolaren Technologie ausgeführt und ist bevorzugt in Frequenzsynthesizern für Breitbandsysteme sowie für Multibandanwendungen und für die Takterzeugung und Taktrückgewinnung in Hochgeschwindigkeitsschaltungen, wie beispielsweise Mikroprozessoren und Speichern, einsetzbar.

Die Lehre der Erfindung besteht in dem Ersatz der Spulen in einem Schwingkreis durch Paare parallel geschalteter Spulen, von denen jeweils eine der Spulen mit einem periodisch geöffneten und geschlossenen Schalter verbunden ist. Damit ist jeweils nur eine Spule beziehungsweise die Parallelschaltung beider Spulen wirksam. Die Zeitspanne, während der der Schalter innerhalb einer Schwingungsperiode geschlossen ist, wird durch eine Steuerspannung kontrolliert. Die zeitgemittelte wirksame Induktivität läßt sich derart in einem weiten Bereich ändern. Das hat die angestrebte kontinuierliche Durchstimmbarkeit der Frequenz zur Folge.

Die Merkmale der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und der Zeichnung hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen schutzfähige Ausführungen darstellen, für die hier Schutz beansprucht wird. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden näher erläutert. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Oszillator,

Fig. 2 ein Diagramm der Oszillatorfrequenz als Funktion der Steuerspannung und

Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Oszillators.

Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemäßen LC-Oszillator mit zwei zusammenwirkenden Halbleiterschaltern und einer Kapazität C. Die Induktivitäten L1 sind in zwei Zweigen angeordnet. Den beiden Induktivitäten L1 ist jeweils eine weitere Induktivität L2 zugeordnet, die durch je eine Schaltvorrichtung Sv zu den ersten Induktivitäten L1 parallel schaltbar sind. Die Gate-Anschlüsse G der als MOSFET ausgeführten Schaltvorrichtungen Sv sind an einen Eingang Vcon für eine Steuerspannung Ucon geschaltet, während die Source-Anschlüsse S mit dem die Oszillatorfrequenz führenden Ausgang des Oszillators verbunden sind.

Fig. 2 zeigt ein Diagramm der Oszillatorfrequenz in GHz als eine Funktion der Steuerspannung Ucon.

Als ein weiteres Ausführungsbeispiel zeigt Fig. 3 eine Schaltungsanordnung des erfindungsgemäßen Oszillators mit jeweils zwei ersten Induktivitäten L1; L3, zu denen jeweils die weitere Induktivität L2 parallel schaltbar ist.

Die Funktion des erfindungsgemäßen Oszillators ist folgende: Die beiden Schaltvorrichtungen Sv, in diesem Ausführungsbeispiel zwei MOSFET, sind bei einer niedrigen Steuerspannung Ucon während des größten Teils einer Schwingungsperiode des Oszillators geöffnet. Dieser Zustand tritt ein, so lange die Gate-Source-Spannung den Schwellenwert der Schaltvorrichtungen Sv nicht übersteigt. Während der Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen Sv sind nur die ersten Induktivitäten L1 wirksam. Für einen geringen Teil der Schwingungsperiode übersteigt die Gate-Source-Spannung den Schwellenwert der

Schaltvorrichtungen Sv. Für die Dauer des nunmehr leitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen Sv sind die weiteren Induktivitäten L2 zu den ersten Induktivitäten L1 parallel geschaltet, wodurch sich der Gesamtwert der wirksamen Induktivität in einer Funktion der Zeit verringert. Entsprechend dem Verhältnis der längeren Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen Sv zu der kürzeren Dauer ihres leitenden Zustandes ergibt sich eine relativ große zeitgemittelte, wirksame Induktivität. Die daraus resultierende Oszillatorfrequenz ist entsprechend niedrig.

Bei einer erhöhten Steuerspannung Ucon sind die beiden Schaltvorrichtungen Sv nur während eines geringeren Teils der Schwingungsperiode geöffnet und während ihres größeren Teils geschlossen. Entsprechend dem Verhältnis der kürzeren Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen Sv zu der längeren Dauer ihres leitenden Zustandes ergibt sich eine relativ geringe zeitgemittelte, wirksame Induktivität. Die daraus resultierende Oszillatorfrequenz ist entsprechend hoch.

Als ein Spezialfall sei angenommen, daß die Induktivität und Güte der Spulenpaare L1 und L2 identisch seien und die Größenwerte L1 und Q1 besitzen. Für den Fall idealer Schaltvorrichtungen Sv gilt dann für die Induktivität L und die Güte Q der Gesamtanordnung bestehend aus L1, L2 und dem Schalter:

$L = L1$ ,  $Q = Q1$  bei geöffneten Schaltvorrichtungen Sv und  $L = L1/2$ ,  $Q = Q1$  bei geschlossenen Schaltvorrichtungen Sv.

Das Schließen der Schaltvorrichtungen Sv bewirkt also eine Halbierung der für die Oszillatorfrequenz maßgebenden Induktivität. Die Güte der Spulenpaare L1 und L2 ist gleich der Güte der einzelnen Spule. Beachtet man, daß für die Oszillatorfrequenz näherungsweise gilt:

$$f_o = 1/\sqrt{L},$$

so findet man für die untere Grenzfrequenz  $f_{o,min}$  und für die obere Grenzfrequenz  $f_{o,max}$  des Frequenzdurchstimmbereichs den Zusammenhang:

$$f_{o,max} = \sqrt{2} \cdot f_{o,min}.$$

Für den allgemeinen Fall nicht notwendigerweise gleicher Spulen folgt analog:

$$f_{o,max} = \sqrt{(1 + L1/L2)} \cdot f_{o,min}.$$

Somit kann der Frequenzdurchstimmbereich durch die Wahl eines größeren Verhältnisses von  $L1/L2$  noch weiter erhöht werden.

Fig. 3 zeigt den simulierten Frequenzdurchstimmbereich in der Form eines Diagramms der Oszillatorfrequenz  $f_o$  als eine Funktion der Steuerspannung Ucon für  $L1/L2 = 2$ . In diesem Beispiel beträgt der Frequenzdurchstimmbereich etwa 1,25 GHz, das heißt mehr als eine Oktave.

Der Frequenzdurchstimmbereich kann durch die Verwendung von mehr als zwei Induktivitäten L1, L2 erhöht werden. Eine Möglichkeit dazu wird in Fig. 3 demonstriert.

Der erfindungsgemäße Oszillator ist in vollintegrierter Bauweise sowohl in einer CMOS- als auch in einer bipolaren Technologie ausführbar. Er ist in vorteilhafter Weise in Frequenzsynthesizern für Breitbandsysteme sowie für Multibandanwendungen und für die Takterzeugung und Taktrückgewinnung in Hochgeschwindigkeitsschaltungen, wie Mikroprozessoren und Speicher, einsetzbar.

In der vorliegenden Beschreibung wurde anhand konkreter Ausführungsbeispiele ein Oszillator mit veränderbarer Induktivität erläutert. Es sei aber vermerkt, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die Einzelheiten der Beschrei-

bung in den Ausführungsbeispielen beschränkt ist, da im Rahmen der Ansprüche Änderungen und Abwandlungen beansprucht werden.

#### Patentansprüche

1. Oszillator mit einem LC-Schwingkreis, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer Induktivität (L1) über eine mit der Oszillatorfrequenz betätigte Schaltvorrichtung (Sv) eine weitere Induktivität (L2) periodisch parallel schaltbar ist und daß ein Steuereingang (Vcon) der Schaltvorrichtung (Sv) an eine veränderbare Gleichspannung (Ucon) angeschlossen ist.
2. Oszillator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehreren Induktivitäten (L1) über je eine steuerbare Schaltvorrichtung (Sv) eine weitere Induktivität (L2) periodisch parallel schaltbar ist.
3. Oszillator nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die steuerbaren Schaltvorrichtungen (Sv) periodisch einen leitenden und anschließend einen nichtleitenden Zustand aufweisen.
4. Oszillator nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die steuerbaren Schaltvorrichtungen (Sv) durch eine veränderbare Steuerspannung (Ucon) steuerbar sind.
5. Oszillator nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der Dauer des leitenden Zustandes und der Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen (Sv) innerhalb einer Schwingungsperiode des Oszillators in Abhängigkeit von dem Wert der Steuerspannung (Ucon) veränderbar ist.
6. Oszillator nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß entsprechend dem Verhältnis der Dauer des leitenden Zustandes und der Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen (Sv) innerhalb einer Schwingungsperiode des Oszillators die zeitgemittelte, wirksame Induktivität in Abhängigkeit von dem Wert der Steuerspannung (Ucon) veränderbar ist.
7. Oszillator nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die steuerbaren Schaltvorrichtungen (Sv) Schalttransistoren, insbesondere MOSFET, sind.
8. Oszillator nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Gate-Anschlüsse (G) der MOSFET an den Eingang (Vcon) der Steuerspannung (Ucon) geschaltet sind.
9. Oszillator nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Source-Anschlüsse (S) der MOSFET an die Oszillatorfrequenz führende Teile der Schaltungsanordnung geschaltet sind.
10. Oszillator nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Oszillator in einer CMOS- oder bipolaren Technologie ausgeführt ist.
11. Oszillator nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Oszillator in Frequenzsynthesizern für Breitbandsysteme sowie für Multibandanwendungen und für die Takterzeugung und Taktrückgewinnung in Hochgeschwindigkeitsschaltungen, wie beispielsweise Mikroprozessoren und Speichern, Anwendung findet.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

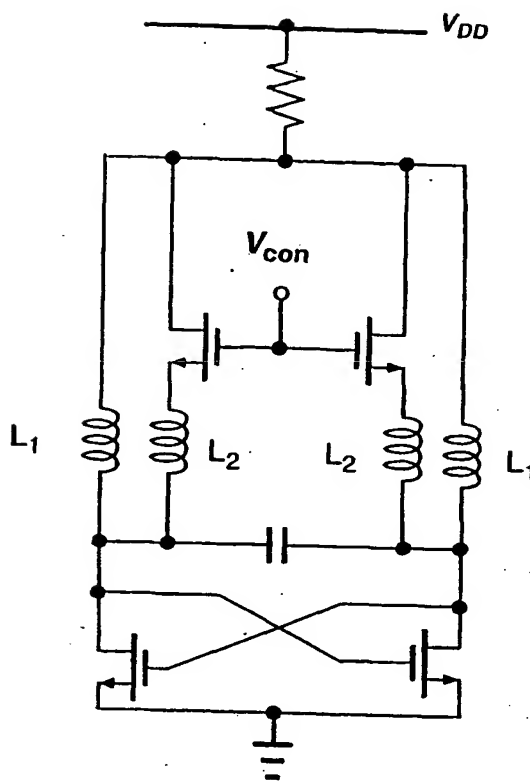


Fig. 1

Best Available Copy

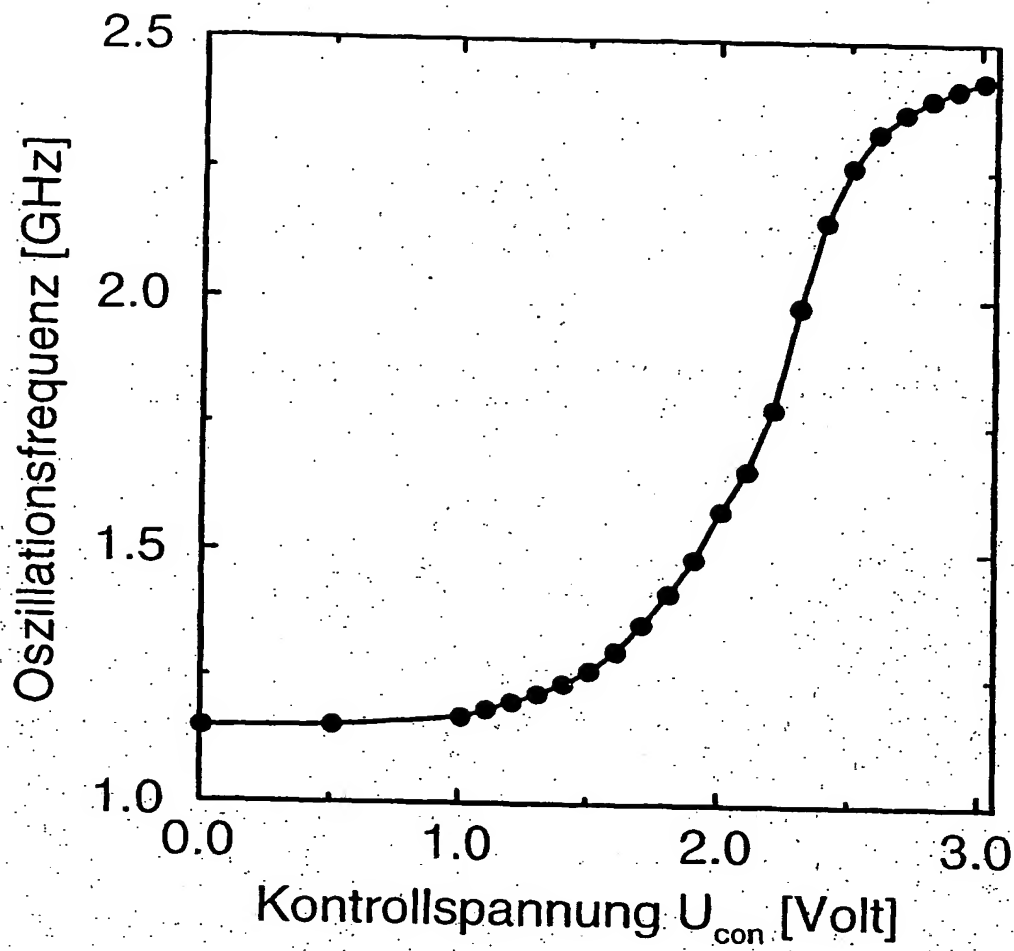
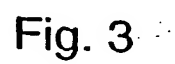


Fig. 2

100.1 eiddit ve 1230



**Best Available Copy**